

◆ 사건/파일 조회 Case / File Search → Receipt of Invention Disclosure) General

사건 Case	직발접수) 일반	일자 Date	[REDACTED]
발신일 Sent Date	-	수신일 Received	[REDACTED]
제목 Title	직무발명서 Invention Disclosure Date		
의견 Opinion			

파일명 Name of File	파일설명 Description of File
직무발명신고서 Invention Disclosure	

닫기

BEST AVAILABLE COPY

<별지서식 1-1호>

주요) 발명자는 필히 사본 2부를 복사하여 1부는 본인이 보관하고, 원본과 함께 2부를 제출바람.

삼성전자

발명 부서		임인	심사	결정	특허관리 부서		임인	심사	결정
김혜정		최진규	이창우	직무발명 신고서					
발명 명칭 (TITLE)		guard interval과 파일럿 심볼을 이용한 OFDM-CDMA system에서의 주파수 오류 복구							
발명의 요지		본 발명은 OFDM-CDMA system의 송신단에서 데이터 심볼 사이에 파일럿 심볼을 적절하게 삽입하여, 수신단에서 이 파일럿 심볼과 guard interval을 이용하여 noise, channel, 타이밍 오류, CPE 등의 영향하에서도 주파수 오류를 효과적으로 찾을 수 있도록 하는 데 있다.							
Key Word		OFDM-CDMA system, frequency error, frequency offset, carrier recovery, pilot symbol, reference phase, guard interval							
제 품 명		과 제		과제 코드		7060			
발명자(한자이름)		소 속		주인등록지 주소 및 우편번호		주인등록 번호 사원번호(급호)		사내 전화	
金 惠 貞		IMT-2000 단말개발그룹		()-() 성남시 분당구 서현동 우성아파트 228동 1506호		701106-2821811 95033026 (J5 - 02)		6733	
Hye- Jeong Kim									
(인)		사업부 부(실)		()-()		-			
(인)		사업부 부(실)		()-()		-			
(인)		사업부 부(실)		()-()		-			
(인)		사업부 부(실)		()-()		-			
(인)		사업부 부(실)		()-()		-			
결정내용		합인 · 국내우선 · 병합 · 분할 · 재출원 · 환송				권리구분		<input checked="" type="checkbox"/> 특허 <input type="checkbox"/> 실용	
인급도		<input checked="" type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 1		발명등급		<input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C		심사청구 <input type="checkbox"/> 청구 <input type="checkbox"/> 미청구	
해외		<input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> YES (출원대상국가 :)							
담당자 의견		GC-P810-006 " 005				제품코드		CDDG, EBA0A	
						기술구분		<input checked="" type="checkbox"/> 회로 <input type="checkbox"/> 기구 <input checked="" type="checkbox"/> 방법 <input type="checkbox"/> 공정 <input type="checkbox"/> 미확인	
접수번호		GC-P810-076		확인		이건주		특허사무소	
접수일자		1998. 10. 22				접수번호 :		(19 . .)	
결정일자		1998. 10. 30.				담당자 :		남상환 ()	
위임일자		1998. 10. 31.				비 고 :			
검 토 자		남상환 ()							

발명평가표

※ 중간점수 부여 가능함 (예: 17 ~ 20의 경우 17, 18, 19, 20을 평점으로 줄수 있음)

구분	평가항목 평가내용	가중치	평가기준					발명부서평가		특허담당자
								팀장	실장	
특허성	발명의 구성	15	13 ~ 15	10 ~ 12	7 ~ 9	4 ~ 6	1 ~ 3			
	발명의 구성 또는 문제 해결 수단이 종래기술과 비교시 어느 정도 신규한 구성인가?		신규한 기본발명	고난도의 중요 기술	보통의 중요기술	저 기술 부분개량	효과없는 방법변경			
	발명의 파급효과	20	17 ~ 20	13 ~ 16	9 ~ 12	5 ~ 8	1 ~ 4			
기술성	신규 구성으로 얻어지는 기대효과 (특성향상, 제작성, COST 등)는?		극히 현저	매우 현저	현저	보통	미비			
	대체기술의 유무	10	9 ~ 10	7 ~ 8	5 ~ 6	3 ~ 4	1 ~ 2			
	타사의 대체기술/회피기술 개발의 가능성 및 가능성 우수성은?		대체/회피 불가능	가능하나 극히 우수	가능하나 매우 우수	가능하나 약간 우수	가능하고 차이 없음			
실시성	타사 실시 가능성	10	9 ~ 10	7 ~ 8	5 ~ 6	3 ~ 4	1 ~ 2			
	타사가 본 발명을 사용/실시할 가능할 가능성은?		확실히 사용/실시	가능성 대	가능성 중	가능성 소	가능성 무			
	침해사실 파악 용이성	10	9 ~ 10	7 ~ 8	5 ~ 6	3 ~ 4	1 ~ 2			
경제성	타사의 침해적발시 사실확인이 용이한가?		극히 용이	상당히 용이	보통	어려움	현장검증시 가능			
	실시 가능성	20	17 ~ 20	13 ~ 16	9 ~ 12	5 ~ 8	1 ~ 4			
	실시에 따른 주변여건은 조성되어 있으며, 기술적 난이도에는 문제가 없는가?		그대로 즉시 실시	변형하여 즉시 실시	실시 예상	방어 출원	IDEA 발명			
성	적용 범위	15	13 ~ 15	10 ~ 12	7 ~ 9	4 ~ 6	1 ~ 3			
	제품 또는 기술에 적용되는 범위?		매우 넓음	넓음	보통	좁은 편	매우 좁음			
100			평 점					총 점		

발명 부서 기 재 관	현재의 개발단계 및 제품적용	<input type="checkbox"/> 아이디어 <input type="checkbox"/> 향후개발과제 <input type="checkbox"/> 상품기획 <input type="checkbox"/> 표준화기획 <input type="checkbox"/> 설계검증 <input type="checkbox"/> 양산검증 <input type="checkbox"/> 기타()	특 허 담 당 자	<input checked="" type="checkbox"/> 자체발명 <input type="checkbox"/> 산학협동 <input type="checkbox"/> 해외특허 <input type="checkbox"/> 지 법 인 <input type="checkbox"/> 용역개발 <input type="checkbox"/> 사업이관 <input type="checkbox"/> 기술원건 <input type="checkbox"/> 관 계 사 <input type="checkbox"/> 기 타
	출원구분	<input type="checkbox"/> 적응중 <input type="checkbox"/> 예정() <input type="checkbox"/> 미정		【담당자 의견】
	출원구분	<input type="checkbox"/> 국내 <input type="checkbox"/> 해외(추천국가:)		
	<input type="checkbox"/> 공표완료(년 월 일) <input type="checkbox"/> 공표예정(년 월 일) <input type="checkbox"/> 공표없음 ※ 공표시 국가() ※ 관련 자료 제출 바람			
【부서장 의견】				
부서장 인				

직무발명(고안) 명세서 (Invention Disclosure)				【사전체크 사항】	
발명의 명칭 (Title of Invention)		전문용어나 약자는 가급적 피하여 발명(고안)의 내용을 적절히 표현할 수 있는 명칭을 25자 이내로 간단명료하게 기재		○ 선출원주의이므로 신속출원이 필요함	
국 문	guard interval과 파일럿 심볼을 사용한 OFDM-CDMA system에서의 주파수 오류 복구 방법				○ 완성된 발명이여야 함 - 실시예, Data등의 뒷받침이 필요 - 미완성 또는 회망사항 불가
영 문	Carrier Recovery in OFDM-CDMA system using guard interval and pilot symbol				○ 출원전에 공표 금지 - 학회, 논문, 판매, 전시 금지
1. 발명(고안)의 배경			<p>* 본 발명과 관련이 있는 기술이 이미 출원되어 있거나 현재 진행중인 것을 모두 기재함.</p> <p>- 국내우선권 주장이 목적이며, 최초 출원일로부터 1년 이내에는 개항출원이 가능함.</p>		
【기술 출처】 (해당 부분만 선택 하여 기재)	유사 특허 또는 출원	출원/등록 번호		출원/등록일자	
		발명의 명칭			
		출원인			
	배경 문헌 또는 제품	문헌명/제품모델명		발표자/제조사	
		발표/제조 년월일		페이지/기타	
	발명(고안)과 관련된 발명자의 선출원	기출원 건	발명의 명칭		
			출원번호(일자)	(19 . . .)	
진행중 건		발명의 명칭			
		접수번호(일자)	(19 . . .)		
<p>가. 본 발명(고안)의 기술분야 : 당해발명이 적용되는 기술분야를 명시한다.</p> <p>(기재 예) 본발명은 다수의 LED를 드라이브하는 LED 드라이브 방식에 관한 것으로, 특히 마이크로프로세서를 사용하는 전자 통신 시스템에 설치된 다수의LED를 드라이브하는 방식에 관한 것이다.</p>					
<p>본 발명은 OFDM system이나 OFDM-CDMA system의 수신기에서, 주파수 오류를 추정하 복구하는 방식에 관한 것이다.</p>					

나. 종래기술의 도면

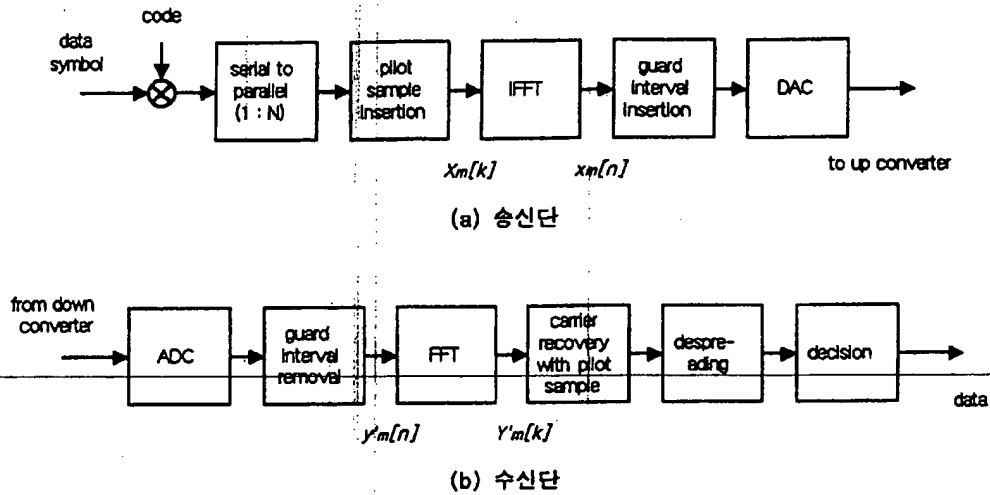


그림 1. pilot sample을 이용한 OFDM-CDMA system의 송수신단

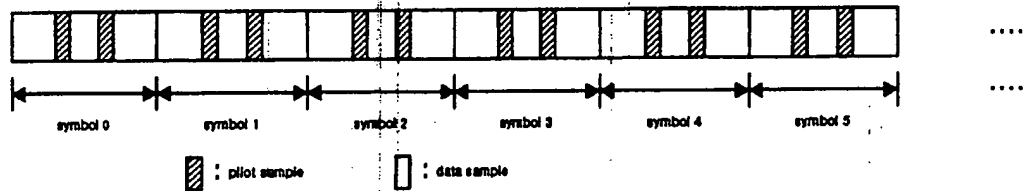


그림 2. pilot sample을 이용하는 기존 방법의 데이터 구조

다. 종래기술의 설명 및 그 문제점

OFDM-CDMA system의 기본적인 송수신단은 그림 1과 같다. 무선 송신단에서는 송신하고자 하는 데이터 심볼에 N개의 rate를 가지는 코드를 곱하여 spreading 해 준 다음, 그 데이터를 한 심볼 즉, N sample 단위로 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform) 한 후, G sample 길이의 guard interval을 삽입하여 송신한다. 수신단에서는 수신된 데이터에서 심볼의 시작점을 찾고, guard interval을 제거한 후, FFT과정과 despreading 과정을 거쳐 원래의 송신 데이터를 얻는다.

이 때 수신단의 down converter에서 사용하는 oscillator의 부정확도로 인해 baseband신호에 주파수 오류가 포함되게 되고, 그 신호가 FFT 과정을 거치게 되면 원래 데이터가 주파수 오류만큼 shift된 신호를 얻게 되므로 원래의 데이터를 복구하는 것이 거의 힘들다. 특히 각 주파수 대역에 원하는 신호가 실려있는 OFDM-CDMA system에서는 주파수 오류를 정확하게 추정하여 보상해주어야 원래의 신호를 복구할 수 있다.

OFDM-CDMA system에서는 일반적으로 다음과 같은 FFT의 성질을 이용하여 주파수 오류를 복구한다.

$$x(t)W_N^k \leftrightarrow X(k-k_0) \quad \text{where } W_N = e^{-j2\pi/N}$$

위와 같은 성질을 이용하기 위해서 OFDM system에서는 그림 2와 같이 송신단에서 미리 약속된 일정한 개수의 파일럿 샘플을 데이터 심볼의 정해진 위치에 삽입하여, 수신단에서 그 data의 shift량을 계산하여 주파수 오류를 추정한다.

ideal system에서는 위 식에서처럼 수신된 파일럿 샘플들이 원래의 reference 샘플위치에서 k_0 sample만큼 shift된 위치에서 수신되므로, correlator를 사용하여 shift된 값을 추정하여 주파수 오류 k_0 를 구해낼 수 있다. 그러나 OFDM-CDMA system에서는 위와 같이 파일럿 샘플을 사용하려면, 데이터전송률이 2배 이상 증가한다거나, 수신단이 복잡해진다거나, noise level이 올라가는 등의 성능저하가 일어나게 되므로, 파일럿 샘플을 이용한 위 방법은 사용하기 힘들다.

ideal하지 않은 system에서는 더욱 심각한 문제들이 발생하게 되는데, IFFT를 거친 신호에 영향을 미치는 요소들은 크게 타이밍 오류, CPE(Common Phase Error), noise 등이 있다.

수신단에서 time domain의 타이밍 오류 n_s 는 FFT단을 거치게 되면 주파수 영역에서의 원래 신호와 exponential term의 곱의 형태로 나타나게 되는데, 이는 결국 파일럿 샘플의 값에도 영향을 주게 되므로 이 값이 커지게 되면 correlator의 성능을 크게 저하시키는 원인이 될 수 있고, 결국 위와 같은 방법으로는 정확한 주파수 오류값을 찾기가 힘들어진다.

라. 본 발명(고안)의 목적(종래기술의 문제점에 대한 해결과제)

본 발명은 OFDM-CDMA system에서 guard interval을 이용하여 대략적인 주파수 오류를 추정하여 복구한 후, 일정한 간격으로 삽입된 파일럿 심볼을 사용하여 미세한 주파수 오류를 추정하여 복구하는 방법으로, 타이밍 오류하에서도 성능 저하없이 주파수 오류를 추정할 수 있고, 또한 noise에 의한 영향을 제거하여 쉽게 주파수 오류를 추정하는 데 목적이 있다.

2. 본 발명의 도면

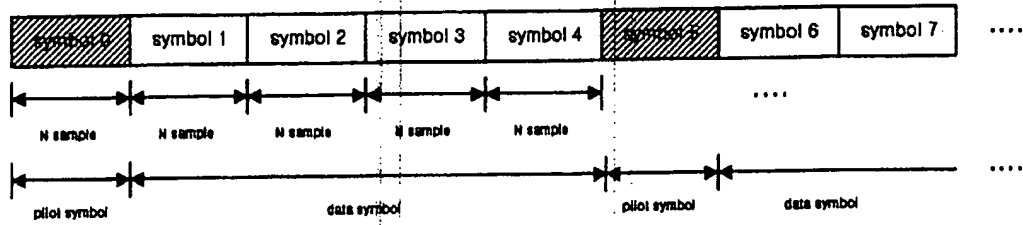


그림 3. pilot symbol 을 이용하는 제안된 방법의 데이터 구조

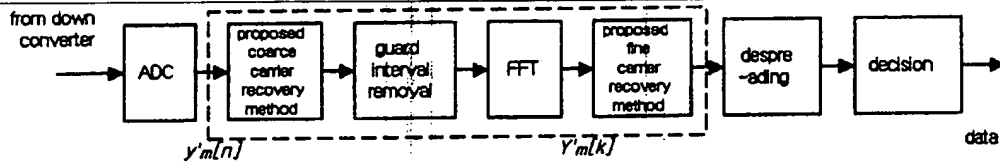


그림 4. 제안된 carrier recovery method를 사용한 수신단의 블록도

3. 발명(고안)의 구체적 설명

가. 발명(고안)의 구성설명

나. 발명(고안)의 동작 설명

본 발명에서는 타이밍 오류, CPE, noise등의 real condition하에서 주파수 오류를 추정하기 위해 guard interval과 그림 3과 같이 송신단에서 데이터 심볼 사이에 일정한 간격으로 파일럿 심볼을 삽입하여, 수신단에서 그 정보를 이용하는 방법을 제안하였다.

우선 OFDM-CDMA system에서 주파수 오류와 CPE, noise, 타이밍 오류등이 존재하는 real condition하에서 실제 수신되는 신호를 모델링해야 하는데, 그림 1에 나타난 바와 같이 OFDM-CDMA system의 송신단에서 IFFT 입력단의 신호를 $X_m(k)$, IFFT 단을 거친후 guard interval을 삽입하기 전의 신호를 $x_m[n]$ 이라고 하면, 수신단에서 down converter와 ADC를 거친 후의 신호 $y'_m[n]$ 과 guard interval을 제거하고 FFT단을 거친후의 신호 $Y'_m(k)$ 는 다음과 같이 모델링할 수 있다.

한 심볼단위의 주파수 오류량을 k_e [Hz/symbol]라 하면 한 샘플 단위의 주파수 오류량은 k_e/N [Hz/sample]이고, m 번째 심볼의 n 번째 샘플의 주파수 오류 $k_m[n]$ 은 다음과 같다.

$$k_m[n] = \frac{k_e}{N} m N + G + \frac{k_e}{N} n$$

수신단에서 위와 같은 주파수 오류와 CPE(Common Phase Error), noise등을 포함하고 있는 신호 $y_m[n]$ 은 다음과 같이 모델링할 수 있다. 편의상 sample number를 $-G$ 부터 $N-1$ 까지로 표시하였다. guard interval은 OFDM신호의 각 심볼간의 interference를 없애기 위해 각 심볼사이에 일정한 길이만큼의 간격을 두는 것인데, 각 심볼의 마지막 G 개의 sample들을 복사하여 각 심볼의 앞 부분에 첨가하는 방법이 가장 일반적으로 쓰이는 방법이다.

$$\begin{aligned} y_m[n] &= x_m[n] e^{j2\pi k_m[n]n} e^{j\phi} + w_m[n] \\ &= x_m[n] e^{j2\pi k_e m N + G + n} e^{j\phi} + w_m[n] \\ &= x_m[n] e^{j2\pi k_e m N} e^{j2\pi k_e (N+G+n)} e^{j\phi} + w_m[n] \end{aligned}$$

where $n = -G, -G+1, \dots, 0, 1, \dots, N-1$: sample number

$m = 0, 1, 2, \dots$: symbol number

N : no. of samples/symbol

G : no. of samples of guard interval

k_e : frequency offset of all samples in m th symbol

ϕ : Common Phase Error

$w_m[n]$: AWGN of m th symbol

만약 타이밍 오류가 없다면, 수신된 신호에서 guard interval에 해당하는 G 개의 샘플과, guard interval과 동일한 데이터가 송신된 심볼의 마지막 G 개의 샘플을 이용하여 대략적인 주파수 오류를 추정할 수 있다. guard interval의 신호, 즉 m 번째 심볼의 첫 G 개의 샘플을 $G_m[n]$, 심볼의 마지막 G 개의 샘플을 $R_m[n]$ 이라 하면, 각각은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} G_m[n] &= y_m[n-G] \\ &= x_m[n-G] e^{j2\pi k_e (n-G)} e^{j2\pi k_e (N+G+n)} e^{j\phi} + w_m[n-G] \end{aligned}$$

where $n = 0, 1, \dots, G-1$

$$\begin{aligned}
 R_s[n] &= y_s[n+N-G] \\
 &= x_s[n+N-G] e^{j2\pi f_s(n+N-G)N} e^{j2\pi f_s(n+N-G)N} e^{j\phi_s} + w_s[n+N-G] \\
 \text{where } s &= 0, 1, \dots, G-1
 \end{aligned}$$

각각의 신호의 phase를 구하고 그 차를 구해보면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 \angle G_s[n] &= \angle x_s[n-G] + 2\pi f_s[n-G]N + 2\pi f_s[n+N-G]N + \phi_s + \angle w_s[n-G] \\
 \text{where } s &= 0, 1, \dots, G-1 \\
 \angle R_s[n] &= \angle x_s[n+N-G] + 2\pi f_s[n+N-G]N + 2\pi f_s[n+N-G]N + \phi_s + \angle w_s[n+N-G] \\
 \text{where } s &= 0, 1, \dots, G-1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \angle R_s[n] - \angle G_s[n] &= \angle x_s[n+N-G] - \angle x_s[n-G] \\
 &\quad + 2\pi f_s[n+N-G]N - 2\pi f_s[n-G]N + \angle w_s[n+N-G] - \angle w_s[n-G] \\
 &= 2\pi f_s + \angle w_s[n+N-G] - \angle w_s[n-G] \\
 \text{where } n &= 0, 1, \dots, G-1
 \end{aligned}$$

위 식에서 $x_m[n+N+G]$ 와 $x_m[n-G]$ 는 동일한 신호이므로 phase의 차가 0이다. noise의 영향을 없애기 위해 G개의 phase difference에 대한 평균값을 구하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$k_s \approx \frac{\text{avg}(\angle R_s[n] - \angle G_s[n])}{2\pi}$$

where $s = 0, 1, \dots, G-1$

타이밍 오류가 있는 경우에는 위 가정들이 맞지 않는 경우가 생긴다. FFT 시작점 검출 오류, timing frequency offset, timing phase offset 등의 타이밍 오류를 n_e 라고 하면, 타이밍 오류를 포함한 신호 $y'_s[n]$ 은 다음과 같이 모델링할 수 있다.

$$y'_s[n] = y_s[n-n_e] = x_s[n-n_e] e^{j2\pi f_s(n-n_e)N} e^{j2\pi f_s(n-n_e)N} e^{j\phi_s} + w_s[n-n_e]$$

이 때 n_e 의 값에 따라 $y'_m[n]$ 에는 $m-1$ 번째 심볼이나 $m+1$ 번째 심볼의 샘플들이 포함되게 된다. 이 신호에서 위와 같은 방식으로 심볼의 첫 G개의 샘플을 $G'_m[n]$, 심볼의 마지막 G개의 샘플을 $R'_m[n]$ 이라 하고, 각 샘플들의 phase difference를 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 \angle R'_s[n] - \angle G'_s[n] &= \angle x_s[n+N-G-n_e] - \angle x_s[n-G-n_e] \\
 &\quad + 2\pi f_s[n+N-G-n_e]N - 2\pi f_s[n-G-n_e]N + \angle w_s[n+N-G-n_e] - \angle w_s[n-G-n_e] \\
 &= \angle x_s[n+N-G-n_e] - \angle x_s[n-G-n_e] \\
 &\quad + 2\pi f_s + \angle w_s[n+N-G-n_e] - \angle w_s[n-G-n_e] \\
 \text{where } s &= 0, 1, \dots, G-1 \qquad \text{where } s = 0, 1, \dots, G-1
 \end{aligned}$$

위 식에서 $G'_m[n]$ 과 $R'_m[n]$ 은 원래 값에서 n_e 만큼 shift된 값이므로 $x_m[n+N+G-n_e]$ 와 $x_m[n-G-n_e]$ 이 동일한 범위는 n_e 값이 양수일 때 $n=n_e, n_e+1, \dots, G-1$, 음수일 때 $n=0, 1, \dots, G-n_e-1$ 이 된다. 그러므로 시스템의 타이밍 오류의 대략적인 범위를 알고 있다면, 그 범위를 제외한 구간에서 주파수 오류를 구하면 된

다. 예를 들어 최대 타이밍 에러가 a 를 넘지 않는다면 $n=a, a+1, \dots, G-a-2, G-a-1$ 의 구간에서 phase difference를 구하고, 평균값을 구하여 다음과 같이 주파수 오류를 추정할 수 있다.

$$k_e = \frac{\text{avg}(\angle R_n[A] - \angle G_n[A])}{2\pi}$$

$$\text{avg} \quad a = a, a+1, \dots, G-a-2, G-a-1$$

이 방법은 guard interval의 길이가 길수록, 시스템의 타이밍 에러의 범위가 작을수록 좋은 성능을 가지게 되는데, 그렇지 않을 경우에는 주파수 오류를 측정하는 구간이 짧아져 잡음의 영향을 많이 받게 되고, 주파수 오류를 정확하게 추정하기 힘들다.

그러나 대략적인 주파수 오류의 추정은 가능하며, 이 방법을 사용하여 주파수 오류를 복구한 후에 남아있는 미세 주파수 오류는 다음과 같이 연속한 두 파일럿 심볼의 phase difference를 이용하여 추정할 수 있다.

수신단에서 guard interval을 제거한 신호를 FFT단을 거치게 되면 FFT의 성질에 의해 주파수 오류는 신호의 shift로 타이밍 오류는 신호의 phase의 변화량으로 변환되며, 다음 식과 같이 나타낼 수 있다. 여기서 k_i 는 미세 주파수 오류를 나타낸다.

$$\begin{aligned} Y_n[A] &= X_n[k-k_i] e^{j2\pi(k-k_i)N} e^{j2\pi m(N+G)} e^{j\phi} + W_n[k-k_i] \\ &= X_n[k-k_i] e^{j2\pi mN} e^{j2\pi pN} e^{j2\pi m(N+G)} e^{j\phi} + W_n[k-k_i] \end{aligned}$$

수신된 신호에서 파일럿 심볼만 detection 하면 다음과 같다.

$$Y_n[A] = X_n[k-k_i] e^{j2\pi mN} e^{j2\pi pN} e^{j2\pi m(N+G)} e^{j\phi} + W_n[k-k_i]$$

$$\text{avg} \quad a = 0, 1, -1, 2, -2, 3, -3, \dots$$

$$m = m_0, m_1, m_2, m_3, \dots$$

N : 심볼 단위의 파일럿 심볼 삽입 주기

수신된 파일럿 심볼의 phase를 구해보면

$$\angle Y_n[A] = \angle X_n[k-k_i] + \frac{2\pi m_i}{N} k - \frac{2\pi m_i k_i}{N} + \frac{2\pi m_i(N+G)}{N} + \phi + \angle W_n[k-k_i]$$

$$\text{avg} \quad a = 0, 1, -1, 2, -2, 3, -3, \dots$$

여기서 두번째 항은 index k 에 따른 phase의 일정한 변화로 나타나고, 다음 3개의 항들은 constant phase offset으로, 마지막 항은 phase의 fluctuation으로 나타난다.

만약 송신단에서 동일한 파일럿 심볼을 계속 사용하고, 파일럿 심볼의 삽입 간격동안 타이밍 오류나 CPE, 주파수 오류량이 동일하다면, 연속한 두 파일럿 심볼 $Y_{m,i}(k)$ 와 $Y_{m,i+1}(k)$ 의 phase 차는 다음과 같이 구해진다.

$$\begin{aligned} \text{diff}_{m,i} &= \angle Y_{m,i+1}[A] - \angle Y_{m,i}[A] \\ &= \angle X_{m,i+1}[k-k_i] - \angle X_{m,i}[k-k_i] + \frac{2\pi m_{i+1}(N+G)}{N} - \frac{2\pi m_i(N+G)}{N} \\ &\quad + \angle W_{m,i+1}[k-k_i] - \angle W_{m,i}[k-k_i] \end{aligned}$$

앞에서 언급한 대로 송신단에서 동일한 파일럿 심볼을 사용한다면 첫 항과 둘째 항은 같은 값을 가지므로 위 식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} diff_{pilot} &= (m_{p,n} - m_{p,l}) \frac{2\pi f_c (N+G)}{N} + \angle W_{p,n}[k-k_l] - \angle W_{p,l}[k-k_l] \\ &= \frac{2\pi f_c (N+G)}{N} + \angle W_{p,n}[k-k_l] - \angle W_{p,l}[k-k_l] \end{aligned}$$

위 식의 첫 제 항은 한 파일럿 심볼의 N개의 샘플에 대해 상수로 나타나고, 나머지 항들은 noise에 의한 fluctuation으로 나타난다. 그러므로 N개의 샘플에 대해 phase difference의 평균값을 구하면, noise에 의한 영향이 거의 없어진, 첫째 항의 상수값을 얻을 수 있다. 이 값으로부터 다음 식과 같이 주파수 오류 k_e 를 구할 수 있다.

$$k_e \approx \frac{avgdiff_{pilot} * N}{2\pi (N+G) * f_c}$$

다. 본 발명(고안)의 효과

본 발명에서 제안된 방식은 기존의 방법들과는 달리 타이밍 오류를 보상하지 않은 상태에서도 주파수 오류 보상이 가능하다.

또한 noise에 의한 fluctuation의 영향을 제거하여 주파수 오류 추정치의 정확도를 높일 수 있다.

4. 권리 청구의 범위

1. guard interval을 이용하여 대략적 주파수 오류를 추정하여 보정한 후, 연속한 두 파일럿 심볼을 이용하여 미세 주파수 오류를 보상하는 방법
 - 1.1 guard interval의 샘플과 심볼내의 동일한 샘플들의 phase difference를 이용하여 대략적 주파수 오류를 추정하는 방법
 - 1.2 타이밍 오류와 noise의 영향을 없애기 위해 구간을 제한하여 phase difference를 평균하는 방법
 - 1.3 모든 파일럿 심볼에 동일한 심볼을 사용하는 방법
 - 1.4 연속되는 두 파일럿 심볼의 각각의 샘플들의 phase difference를 평균하여 noise의 영향을 없애는 과정
 - 1.5 구해진 평균값을 이용하여 주파수 오류를 구하는 과정

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.